

皮膚ダーモスコピー画像における経時変化定量のための位置合わせ処理および色補正処理

古正, 大二 / FURUSHO, Daiji

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

57

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2016-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00013085>

皮膚ダーモスコピー画像における経時変化定量のための 位置合わせ処理および色補正処理

REGISTRATION AND COLOR CALIBRATION FOR DERMOSCOPY IMAGES IN TIME-COURSE ANALYSIS

古正 大二
Daiji FURUSHO

指導教員 彌富仁

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻修士課程

In this study, we proposed a fully automated image registration and color calibration method between time-course dermoscopy images only with observed images. We confirmed that the proposed method was effective to compensate both geometrical and chronological changes between dermoscopy images in the time-course analysis. Our proposed algorithm aligned the time-course images with a precision of $93.7 \pm 4.8\%$ and a recall of $95.8 \pm 4.1\%$, respectively. Our color calibration method largely reduced the color difference between time-course images ΔE from 11.8 ± 6.4 to 4.6 ± 1.4 .

Key Words : Image Registration, Color Calibration, Dermoscopy, Melanoma

1. はじめに

メラノーマは極めて悪性度が高い皮膚がんであり、症状の進行が非常に早い。そのため、一定期間のうちにどれだけ腫瘍の大きさや色が変わったかを正確に計測できれば、それは診断の手がかりとなる。しかし多くの場合、腫瘍撮影ごとの角度・倍率および色調が異なるため [1]、腫瘍間の差分の定量は容易ではなく、これまで系統的に行われた研究は見当たらない。そこで本研究では、メラノーマの自動診断支援システムへの応用を念頭に、撮影時期の異なる 2 つの腫瘍画像間において、幾何学的ずれを補正する位置合わせ処理および、得られた画像のみから自動的に色調のずれを軽減する色補正処理を行う手法を提案する。本研究では、皮膚科専用の拡大鏡を用いて撮影されたダーモスコピー画像を用いた。

2. 提案手法

提案手法の概略図を図 1 示す。受診初期に撮影された腫瘍画像を腫瘍 A とし、腫瘍 A から一定期間後に撮影された腫瘍画像を腫瘍 B とする。提案手法では腫瘍 A を目標として腫瘍 B に対して位置合わせ処理および色補正処理を行う。



図 1 提案手法の概要

(1) 位置合わせ処理

まず位置合わせ処理では、Affine SIFT アルゴリズム [2] により、2 画像間で類似している点同士を対応点として検出する。Affine SIFT アルゴリズムは SIFT (Scale-Invariant

Feature Transform)[3] を拡張した画像比較手法であり、SIFT の持つ照明変化、拡大縮小、回転への頑健性に加え、アフィン歪への頑健性を持っている。処理の手順としては、腫瘍 A と腫瘍 B のそれぞれ画像において多様なアフィン歪みを再現したシミュレート画像を複数生成し、それら全ての組合せで SIFT による対応点マッチングを行う。

次に対応点の位置関係から、Biweight 法 [4] により腫瘍 B を腫瘍 A の位置に補正するための相似変換行列を推定する。Biweight 法は対応関係の正確さの指標としてそれぞれの対応点に重みを付加し、線形回帰分析により誤対応点の除去を行う手法である。各対応点に重み w_i を次式のように与えることで、外れ値の影響を軽減しながら変換行列を推定することが可能となる。ここで、 e_i は対応点間の距離、 μ は e_i の中央値である。

$$\begin{cases} w_i = 1 - \left(\frac{e_i}{\mu}\right)^2, & e_i < \mu \\ w_i = 0, & e_i \geq \mu \end{cases} \quad (1)$$

最後に、得られたパラメータを用いて相似変換を施すことで位置合わせを行う。変換に使用する相似変換行列 T を次式に示す。ここで、 θ は回転角、 λ は拡大倍率、 T_x 水平並進距離、そして T_y は垂直並進距離である。

$$T = \begin{bmatrix} \lambda \cos \theta & -\lambda \sin \theta & T_x \\ \lambda \sin \theta & \lambda \cos \theta & T_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

(2) 色補正処理

幾何学的ずれを補正した腫瘍 B に対して色補正処理を行う。ただし、得られた画像のみから腫瘍の色変化を考慮しつつ、撮影条件の違いにより生じた色の変化のみを補正する必要がある。本手法ではまず画像間の類似度が極めて高い対応

点を中心とした矩形領域を、腫瘍画像間で内部構造の変動が少ない、つまり色がほぼ変化していない領域と想定し、色補正のための基準領域とする。複数の基準領域を設定し、それらから CBTF(Cumulative Brightness Transfer Function)[5]と呼ばれる色補正関数を構築することで、腫瘍 B を腫瘍 A と同じ色調に補正する。CBTF は画像 A,B それぞれ全ての基準領域内の画素から累積ヒストグラムを作成し、それらに対応付けることで構築される。図 2 に、提案する CBTF の構築手法を示す。

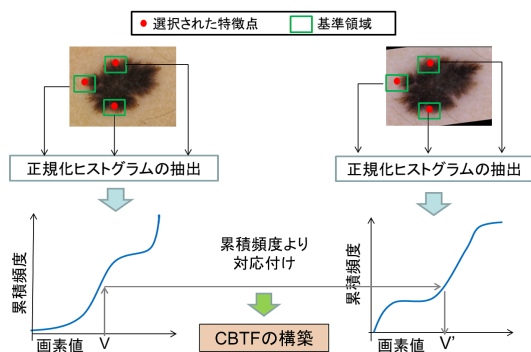


図 2 基準領域を利用した CBTF の構築

3. 評価方法

実験には、専門医によって数週間の間隔を空けて撮影された 22 症例 (計 44 枚) の良性皮膚ダーモスコピー画像を使用した。位置合わせ処理の評価では、提案手法により自動的に作成した結果が手動で作成した理想的な結果にどれだけ近い比較することによって行う。そのため、以下で定義される精度と再現度を、位置合わせの評価指標として用いた。ここで、B' は提案手法によって位置合わせした腫瘍、B* は Exif データを利用し手動で正確に位置合わせした腫瘍である。

$$\text{精度} = \frac{B' \text{ と } B^* \text{ の重なっている面積}}{B' \text{ の面積}} \quad (3)$$

$$\text{再現度} = \frac{B' \text{ と } B^* \text{ の重なっている面積}}{B^* \text{ の面積}} \quad (4)$$

今回の試験では、扱っている腫瘍が良性腫瘍の経過画像のため、基本的にほぼ腫瘍の色はほぼ変化していない。そのため、色補正処理の評価には、撮影日時の異なる 2 つの腫瘍間で重なっている領域内の平均色差を使用した。

4. 実験結果

臨床画像に対して提案手法を適用した例を図 1 に示す。図 3(a) (腫瘍 A) は受診初期に撮影した母斑 (良性腫瘍)、図 3(b) (腫瘍 B) は同一の母斑を 2 週間後に撮影した画像、図 3(c) は図 1(b) に対して位置合わせ処理を実行した結果、そして図 3(d) は図 1(c) に対して色補正処理を実行した結果である。

全 22 症例に対して位置合わせ処理を行った結果、精度および再現度の平均値と標準偏差はそれぞれ 93.7 ± 4.8 , 95.8 ± 4.1 となった。これらの数値から、提案手法は手動による理想的な位置合わせに極めて近い結果が得られたことがわかり、画像間の位置ずれを正確に補正していると考えられる。

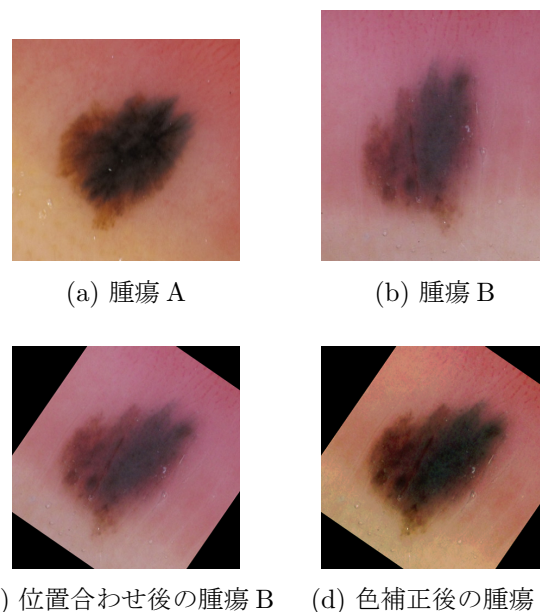


図 3 処理結果の例 (精度=97.7%, 再現度=99.6%, 平均色差: 補正前 16.1→補正後 6.3)

全 22 症例の色差の平均と標準偏差は、色補正前は 11.8 ± 6.4 であったのに対して、色補正後は 4.6 ± 1.4 と大幅に低減できたことから、提案手法によって色補正を適切に行えたことが確認できる。

5. おわりに

本論文では撮影時期の異なる腫瘍画像間に存在する位置ずれおよび色調のずれを補正する手法を提案した。皮膚ダーモスコピー画像に対して本手法を適用した結果、位置合わせ処理・色補正処理を高精度に行うことができた。提案する補正手法により、臨床診断における経時的観察をより正確に行えるよう支援できると考えられる。また、腫瘍の経時的変化の定量に本手法が有効であるといえる。腫瘍の経時的な変化の定量化は、既存の自動診断システムの精度向上につながると期待できる。

参考文献

- 1) Iyatomi H, Celebi ME, Schaefer G, Tanaka M, "Automated color calibration method for dermoscopy images," Computerized Medical Imaging and Graphics, 35(2), 89-98 (2011).
- 2) Guoshen Y and Jean-Michel M, "ASIFT: A new framework for fully affine invariant image comparison," SIAM J. Imaging Sciences, pp.438-469(2009).
- 3) Lowe D, "Distinctive image features from scaleinvariant keypoints," Int.Journal of Computer Vision, 60, 91-110 (2004).
- 4) Hoaglin DC, Mosteller F and Tukey JW, "Understanding robust and exploratory data analysis," John Wiley Sons, 404-414 (2000).
- 5) Prosser B, Gong S and Xiang T, "Multi-camera Matching using Bi-Directional Cumulative Brightness Transfer Functions," British Machine Vision Conference BMVC, 1-10 (2008).